

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 712 099

②1 N° d'enregistrement national :

93 13003

⑤1 Int Cl⁶ : G 05 D 16/20 , H 01 M 8/04

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 02.11.93.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : 12.05.95 Bulletin 95/19.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société Anonyme dite: IMRA
EUROPE (SA) — FR.

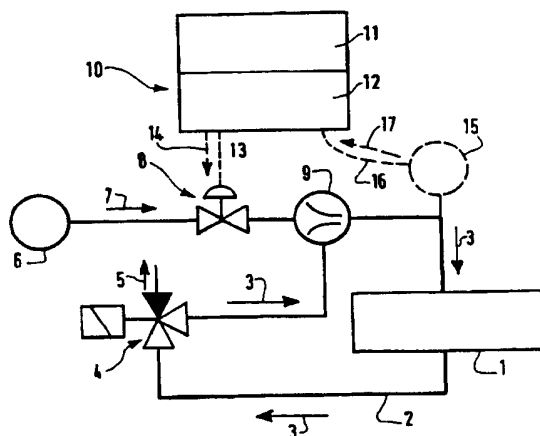
⑦2 Inventeur(s) : Bonnefoy Pierre.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Nony & Associés.

⑤4 Procédé de régulation de la pression d'un gaz dans une enceinte.

⑤7 L'invention est relative à un procédé et dispositif pour maintenir la pression de gaz dans une enceinte à une pression voulue prédéterminée, dans lequel on place entre l'enceinte (1, 2) et un milieu extérieur (6) une vanne (8) qui fixe le débit de passage du gaz proportionnellement à une valeur de consigne fournie en entrée à ladite vanne (8), on fournit en entrée à ladite vanne (8) une valeur de consigne initiale déterminée empiriquement pour obtenir la pression voulue dans l'enceinte (1, 2) au début de la régulation et, de façon périodique, on ajuste la valeur de consigne en fonction de l'écart entre la pression mesurée dans l'enceinte et la pression voulue, et on incrémente ou décrémente la valeur de consigne selon que la pression mesurée dans l'enceinte est inférieure ou supérieure à la pression voulue.



FR 2 712 099 - A1



La présente invention concerne un procédé de régulation de la pression d'un gaz dans une enceinte, qui peut être utilisé en particulier pour réguler la pression d'hydrogène dans un circuit d'alimentation d'une pile à combustible.

5 On sait que les piles à combustible doivent fonctionner dans des conditions particulières de température et de pression. En particulier, il est nécessaire que la pression de l'hydrogène qui sert à l'alimentation de la pile soit maintenue à une valeur constante de manière à assurer une concentration homogène d'hydrogène au voisinage des électrodes de la pile.

10 Si une telle condition n'est pas vérifiée, il s'ensuit une dégradation du rendement de la pile, voire une détérioration irréversible de ses électrodes.

La présente invention vise à proposer un procédé de régulation de la pression d'un gaz dans une enceinte, qui est notamment
15 adapté au maintien à une valeur constante de la pression d'hydrogène dans un circuit d'alimentation d'une pile à combustible, et qui présente l'avantage d'être d'une mise en oeuvre particulièrement simple et économique.

Le procédé selon l'invention permet de façon générale, de maintenir efficacement la pression d'un gaz dans une enceinte à une pression
20 voulue prédéterminée.

Selon l'invention, on entend par enceinte tout récipient, étanche ou poreux, apte à contenir le gaz dont on veut réguler la pression. Dans le cas de la régulation de pression de l'hydrogène consommé par une pile à combustible, l'enceinte est constituée par la pile à combustible et
25 le circuit d'alimentation en hydrogène auquel ladite pile à combustible est raccordée.

Ce procédé se caractérise par le fait que l'on place entre l'enceinte et un milieu extérieur une vanne qui fixe le débit de passage du gaz proportionnellement à une valeur de consigne fournie en entrée à ladite
30 vanne, que l'on fournit en entrée à ladite vanne une valeur de consigne initiale déterminée empiriquement pour obtenir la pression voulue dans l'enceinte au début de la régulation, et que de façon périodique :

- on mesure la pression régnant dans l'enceinte, et l'on ajoute algébriquement à la valeur de consigne une grandeur de correction
35 dont la valeur absolue est une fonction croissante de l'écart entre la pression mesurée et la pression voulue, et dont le signe correspond à une augmentation de la pression dans l'enceinte, dans le cas où la pression mesurée est inférieure à la pression voulue, et à une augmentation de la pression dans l'enceinte dans le cas contraire, et

5 - on mesure la pression régnant dans l'enceinte et l'on ajoute algébriquement à la valeur de consigne une constante prédéterminée dont le signe correspond à une augmentation de la pression dans l'enceinte dans le cas où la pression mesurée est inférieure à la pression voulue, et à une diminution de la pression dans l'enceinte dans le cas contraire.

 Le procédé selon l'invention comporte deux étapes d'ajustement de la valeur de consigne. Ces deux étapes peuvent être mises en oeuvre simultanément à la suite d'une seule mesure de la pression ou séparément, à des intervalles de temps différents.

10 La première étape d'ajustement consiste à faire varier rapidement la valeur de consigne en tenant compte de l'écart entre la pression réelle et la pression voulue dans l'enceinte, tandis que la seconde étape d'ajustement consiste à faire varier plus finement la valeur de consigne en faisant en sorte que cette valeur de consigne corresponde à
15 l'ouverture de la vanne proportionnelle la plus propice à l'obtention de la pression voulue.

 En d'autres termes, la première étape d'ajustement permet de faire converger la pression réelle du gaz vers une pression cible qui n'est pas forcément la pression voulue, et la seconde étape d'ajustement permet de
20 régler la valeur de consigne de manière à ce que ladite pression cible tende vers la pression voulue prédéterminée.

 Selon l'invention, la constante prédéterminée est avantageusement la valeur ± 1 .

25 Selon l'invention, on entend par milieu extérieur, un milieu depuis lequel ou vers lequel le gaz dont on veut réguler la pression est susceptible de se déplacer.

 Si le gaz dans l'enceinte est soumis à des augmentations de pression intempestives, le milieu extérieur est un réservoir dans lequel règne une pression sensiblement inférieure à celle qui règne dans l'enceinte
30 à réguler, et la vanne proportionnelle fonctionne en tant que vanne d'échappement et régule le débit d'échappement du gaz depuis l'enceinte en direction du réservoir de manière à ce que la pression demeure sensiblement constante dans ladite enceinte.

 Dans ce cas, le signe de la grandeur de correction à ajouter
35 algébriquement à la valeur de consigne est positif si la pression mesurée est supérieure à la pression voulue, négatif si la pression mesurée est inférieure à la pression voulue.

 Si, au contraire, le gaz dans l'enceinte est soumis à des chutes de pression intempestives, le milieu extérieur est un réservoir dans

lequel règne une pression sensiblement supérieure à celle qui règne dans l'enceinte. La vanne proportionnelle fonctionne alors en tant que vanne d'admission et régule le débit d'admission du gaz depuis le réservoir en direction de l'enceinte. Dans ce cas, le signe de la grandeur de correction est positif si la pression mesurée est inférieure à la pression voulue et inversement.

L'invention s'applique également à une enceinte dans laquelle un gaz est soumis à la fois à des augmentations et à des chutes de pression intempestives.

On prévoit dans ce cas deux vannes proportionnelles, l'une se trouvant en communication avec un réservoir dans lequel règne une pression supérieure à celle qui règne dans l'enceinte, l'autre se trouvant en communication avec un réservoir dans lequel règne une pression inférieure à celle qui règne dans l'enceinte.

Chaque vanne est alors individuellement commandée par mise en oeuvre du procédé selon l'invention adapté respectivement à une vanne d'admission et à une vanne d'échappement de gaz.

Le procédé selon l'invention est particulièrement adapté à la régulation de pression dans le circuit d'alimentation en hydrogène d'une pile à combustible.

Dans ce cas, le milieu extérieur au sens de l'invention est constitué par un réservoir d'hydrogène sous pression, c'est-à-dire dans lequel règne une pression qui est supérieure à celle qui règne dans le circuit d'alimentation en hydrogène, la vanne proportionnelle servant à réguler la quantité d'hydrogène à introduire dans le circuit d'alimentation pour en compenser les chutes de pression.

Dans le cas d'une pile à combustible, d'une part la pression de l'hydrogène est susceptible de baisser compte tenu des purges régulières qui sont réalisées dans le circuit et qui conduisent à des chutes brutales de pression, et d'autre part, le fonctionnement de la pile à combustible conduit à une consommation d'hydrogène, donc également à une chute de la pression qu'il est impossible de prévoir compte tenu du très grand nombre de paramètres conditionnant cette consommation.

Grâce au procédé selon l'invention, les chutes de pression résultant des purges sont compensées par l'action rapide de la première étape d'ajustement de la valeur de consigne, tandis que les chutes de pression consécutives à la consommation d'hydrogène, plus lentes, sont compensées par la deuxième étape d'ajustement.

Avantageusement, on traduit la pression mesurée en une valeur de mesure exprimée sur la même échelle que la valeur de consigne.

5 Par exemple, si la valeur de consigne peut varier entre 0 et 255, la valeur de mesure est exprimée sur cet intervalle de 0 à 255, les bornes 0 et 255 de cet intervalle correspondant aux pressions minimale et maximale entre lesquelles peut évoluer la pression de gaz dans l'enceinte.

De même, on peut exprimer la pression voulue sur cette échelle sous la forme d'une valeur de référence.

10 Dans ce cas, et selon un premier mode de mise en oeuvre du procédé selon l'invention, la valeur absolue de la grandeur de correction peut être choisie comme étant égale à l'écart entre la valeur de mesure et la valeur de référence.

15 Ainsi, pour la régulation du circuit d'alimentation en hydrogène d'une pile à combustible, la valeur de consigne, lors de la première étape d'ajustement, est algébriquement augmentée de la différence entre la valeur de référence et la valeur de mesure.

20 Selon une variante de ce mode de mise en oeuvre, pour calculer la nouvelle valeur de consigne, on remplace la valeur de référence par l'ancienne valeur de consigne qui a été précédemment ajustée, ce qui revient à déterminer la grandeur de correction comme étant égale à la différence entre la valeur de consigne et la valeur de mesure.

Cette variante rend compte du fait que la valeur de consigne est l'expression de la valeur qui avait été fixée comme cible lors de l'ajustement précédent.

25 Or, compte tenu de la seconde étape d'ajustement qui fait tendre la pression cible vers la pression voulue, l'écart entre la valeur de consigne et la valeur de mesure est bien une fonction croissante de l'écart entre la pression mesurée et la pression voulue.

30 Les deux modes de mise en oeuvre décrits ci-dessus présentent l'avantage de nécessiter des dispositifs électroniques très simples et peu coûteux, sans pour cela accroître le temps nécessaire au calcul.

35 La présente invention a également pour objet un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé décrit ci-dessus, caractérisé par le fait qu'il comporte une vanne proportionnelle apte à réguler le passage du gaz en réponse à une valeur de consigne fournie en entrée, un capteur de pression fournissant une valeur de mesure exprimée sur la même échelle que la valeur de consigne fournie en entrée à la vanne proportionnelle, une interface analogique reliée d'une part à la vanne proportionnelle, d'autre part au

capteur de pression et un microcontrôleur relié à l'interface analogique permettant de mettre en oeuvre le procédé décrit ci-dessus.

5 Dans un mode de réalisation préféré de l'invention adapté à la régulation de la pression d'hydrogène d'une pile à combustible de type Alkalyne, le microcontrôleur est du type MPU 68HC11, dont la vitesse d'horloge est de 8 MHz, ledit microcontrôleur incluant un séquenceur qui marque des intervalles de 8,19 ms, l'interface analogique étant constituée par un convertisseur numérique/analogique à 8 bits qui permet d'exprimer la valeur de consigne, la valeur mesurée et la valeur de référence sur une

10 échelle de 0 à 255.

Dans le but de mieux faire comprendre l'invention, on va en décrire maintenant un mode de réalisation donné à titre d'exemple non limitatif en référence au dessin annexé dans lequel :

15 - la figure 1 représente schématiquement un circuit d'alimentation en hydrogène d'une pile à combustible, et

- la figure 2 est un diagramme représentant l'évolution dans le temps de la pression et de la valeur de consigne au cours de la régulation de pression dans le circuit de la figure 1 par mise en oeuvre du procédé selon l'invention.

20 Sur la figure 1, une pile à combustible 1 est alimentée en hydrogène au moyen d'un circuit fermé 2 dans lequel de l'hydrogène circule dans le sens indiqué par les flèches 3.

Du fait que le fonctionnement de la pile à combustible 1 pollue l'hydrogène circulant dans le circuit 2, il est nécessaire d'évacuer

25 régulièrement une certaine quantité d'hydrogène, ce qui est possible grâce à un système de purge 4, comme indiqué par la flèche 5.

L'hydrogène éliminé du volume constitué par le circuit fermé 2 est remplacé par de l'hydrogène pur provenant d'un réservoir d'hydrogène sous pression 6. Comme indiqué par la flèche 7, l'hydrogène provenant du

30 réservoir 6 traverse une vanne de régulation 8 et pénètre dans le circuit 2 au travers d'un injecteur 9.

Conformément à l'invention, la vanne 8 est une vanne proportionnelle, c'est-à-dire qu'elle régule le passage de l'hydrogène provenant du réservoir 6 en direction de l'injecteur 9 en fixant le débit de

35 passage de ce gaz proportionnellement à une valeur de consigne fournie en entrée.

Cette valeur de consigne est fournie par un dispositif électronique 10 constitué par un microcontrôleur 11 et une interface analogique 12.

La vanne proportionnelle 8 est électriquement reliée à l'interface analogique 12 par un fil 13 qui véhicule la valeur de consigne, comme indiqué par la flèche 14.

5 Un capteur de pression 15 permet de mesurer la pression régnant dans le circuit fermé 2 et d'envoyer, via un fil 16, une valeur de mesure à l'interface analogique 12, comme indiqué par la flèche 17.

10 Sur le dessin on n'a pas représenté les connexions entre l'interface analogique 12 et le microcontrôleur 11, mais il est clair que le rôle de l'interface analogique est de transformer la valeur de mesure issue du capteur de pression 15 en une valeur numérique exploitable par le microcontrôleur 11 et de transformer une valeur numérique de consigne déterminée par le microcontrôleur 11 en une valeur analogique pouvant être fournie en entrée à la vanne proportionnelle 8.

15 Dans la suite de la description, on désigne les différents paramètres du système de la manière suivante :

P_{mes} est la pression instantanée mesurée dans le circuit fermé d'alimentation 2,

P_v est la pression voulue, c'est-à-dire la pression que l'on désire établir dans le circuit fermé d'alimentation 2,

20 V_{mes} est la valeur fournie par le capteur de pression mesurant la pression P_{mes} ,

V_{ref} est la valeur fournie par le capteur de pression pour une pression égale à la pression voulue,

25 V_{cons} est la valeur de consigne fournie en entrée à la vanne proportionnelle,

V_{ref} , V_{mes} et V_{cons} sont exprimées sur une même échelle variant de 0 à 255.

30 La figure 2 représente l'évolution simultanée de la pression régnant à l'intérieur du circuit fermé d'alimentation 2 et de la valeur de consigne fournie en entrée à la vanne proportionnelle 8.

Au début de la régulation, la pile à combustible 1 ne fonctionne pas. Il ne se produit aucune consommation d'hydrogène dans le circuit fermé 2.

35 Conformément à l'invention, avant la mise en fonctionnement de la pile à combustible 1, on détermine empiriquement la valeur de consigne V_{cons} à fournir en entrée à la vanne proportionnelle 8 de manière à ce que la pression P_{mes} régnant dans le circuit fermé 2 corresponde à la pression voulue P_v .

Ainsi, à l'instant précédant la mise en fonctionnement de la pile à combustible 1, on a $P_{mes} = P_v$.

Du fait que la valeur de référence V_{ref} est exprimée sur la même échelle que la valeur de consigne V_{cons} , on a également $V_{cons} = V_{ref}$.

5 Cet instant correspond sur les diagrammes de la figure 2 à l'instant $t = 0$.

La pile à combustible 1 est alors mise en fonctionnement, c'est-à-dire que ses bornes sont connectées à une charge électrique.

10 Comme on le voit sur la figure 2, la pression P_{mes} commence à chuter dans le circuit fermé 2.

Au bout d'un intervalle de temps de 8,19 ms, le dispositif électronique 10 met en oeuvre le procédé selon l'invention.

15 La capteur de pression 15 mesure la pression P_{mes} et la traduit en une valeur V_{mes} qui est envoyée au microcontrôleur 11 via l'interface analogique 12.

En réponse à cette mesure, le microcontrôleur 11 détermine une valeur de consigne V_{cons} à envoyer en entrée à la vanne proportionnelle 8, via l'interface analogique 12.

20 Dans le mode de mise en oeuvre illustré, la nouvelle valeur de consigne est déterminée par la formule suivante:

$$V_{cons} = \text{Ancienne } V_{cons} + (V_{ref} - V_{mes})$$

25 En d'autres termes, la valeur de consigne est augmentée de l'écart entre la valeur de mesure et la valeur de référence, affectée du signe positif si la pression mesurée est inférieure à la pression voulue, négatif sinon.

Ce premier ajustement de la valeur de consigne permet de ramener rapidement la pression régnant dans le circuit fermé 2 à une pression cible voisine de la pression voulue.

30 En l'absence de consommation d'hydrogène par la pile à combustible, à une valeur de consigne donnée fournie en entrée à la vanne proportionnelle 8, correspond systématiquement une pression cible déterminée.

La première étape d'ajustement décrite ci-dessus de la valeur de consigne devrait dans ce cas suffire à réguler la pression d'hydrogène dans le circuit fermé 2.

35 Or, la consommation d'hydrogène par la pile à combustible induit un décalage entre l'échelle sur laquelle est exprimée la valeur de consigne et l'échelle sur laquelle sont exprimées la valeur de mesure et la valeur de référence, de sorte qu'à une valeur de consigne donnée ne correspond pas systématiquement une pression cible constante.

La deuxième étape d'ajustement du procédé selon l'invention permet de compenser ce décalage en ajoutant à la valeur de consigne la constante 1 affectée du signe positif si la pression mesurée est inférieure à la pression voulue, négatif sinon.

5 Dans ce cas, la nouvelle valeur de consigne est obtenue par la formule suivante :

$$V_{\text{cons}} = \text{Ancienne } V_{\text{cons}} + (V_{\text{ref}} - V_{\text{mes}}) \cdot \frac{1}{2}$$

Cet ajustement en deux étapes de la valeur de consigne permet d'obtenir une convergence de la pression régnant dans le circuit fermé d'alimentation 2 vers la pression voulue P_v .

10 Du fait de cette convergence, il est possible, selon une variante du procédé selon l'invention, de calculer la nouvelle valeur de consigne en remplaçant, dans le calcul de la valeur de consigne, la valeur de référence par l'ancienne valeur de consigne.

15 On obtient alors la nouvelle valeur de consigne par la formule suivante :

$$V_{\text{cons}} = \text{Ancienne } V_{\text{cons}} + (\text{Ancienne } V_{\text{cons}} - V_{\text{mes}}) \cdot \frac{1}{2}$$

Soit,

$$V_{\text{cons}} = 2 \cdot \text{Ancienne } V_{\text{cons}} - V_{\text{mes}} \cdot \frac{1}{2}$$

20 Sur la figure 2, on voit que la valeur de consigne est déterminée à intervalles de temps T_1 réguliers par ajout ou retrait d'une grandeur proportionnelle à l'écart entre la pression mesurée et la pression voulue, corrigée de la constante $\frac{1}{2}$.

25 Au cours des intervalles T_1 à T_3 , la pression varie en se rapprochant de la pression voulue P_v .

Une purge se produit au cours de l'intervalle T_4 , ce qui provoque l'accroissement de la valeur de consigne au cours de l'intervalle suivant T_5 .

30 A nouveau, au cours des intervalles T_6 à T_9 , la pression est ramenée à une valeur voisine de la pression voulue P_v .

Il est bien entendu que le mode de mise en oeuvre qui vient d'être décrit ne présente aucun caractère limitatif et qu'il pourra recevoir toutes modifications désirables sans sortir pour cela du cadre de l'invention.

35 En particulier, l'invention a été décrite avec une première et une seconde étapes d'ajustement réalisées successivement à intervalle de temps identique, mais il est clair que l'on pourrait mettre en oeuvre l'invention en prévoyant deux cycles distincts de mise à jour de la valeur de consigne, le premier cycle correspondant à la première étape d'ajustement, et le second cycle correspondant à la seconde étape d'ajustement.

Cette variante permettrait de prévoir des intervalles de temps différents pour chaque étape d'ajustement.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour maintenir la pression de gaz dans une enceinte à une pression voulue prédéterminée, caractérisé par le fait que l'on place entre l'enceinte (1,2) et un milieu extérieur (6) une vanne (8) qui fixe le débit de passage du gaz proportionnellement à une valeur de consigne (V_{cons}) fournie en entrée à ladite vanne (8), que l'on fournit en entrée à ladite vanne (8) une valeur de consigne (V_{cons}) initiale déterminée empiriquement pour obtenir la pression voulue (P_v) dans l'enceinte (1,2) au début de la régulation et que, de façon périodique :
 - on mesure la pression (P_{mes}) régnant dans l'enceinte (1,2) et l'on ajoute algébriquement à la valeur de consigne (V_{cons}) une grandeur de correction dont la valeur absolue est une fonction croissante de l'écart entre la pression mesurée (P_{mes}) et la pression voulue (P_v) et dont le signe correspond à une augmentation de la pression dans l'enceinte (1,2) dans le cas où la pression mesurée (P_{mes}) est inférieure à la pression voulue (P_v) et à une augmentation de la pression dans l'enceinte (1,2) dans le cas contraire, et
 - on mesure la pression (P_{mes}) régnant dans l'enceinte (1,2) et l'on ajoute algébriquement à la valeur de consigne (V_{cons}) une constante prédéterminée (± 1) dont le signe correspond à une augmentation de la pression dans l'enceinte (1,2) dans la cas où la pression mesurée (P_{mes}) est inférieure à la pression voulue (P_v) et à une diminution de la pression dans l'enceinte (1,2) dans le cas contraire.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé par le fait que la constante prédéterminée est la valeur ± 1 .
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que la vanne proportionnelle (8) régule le débit d'échappement du gaz depuis l'enceinte (1,2) en direction du milieu extérieur.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé par le fait que la vanne proportionnelle (8) régule le débit d'admission du gaz depuis le milieu extérieur (6) en direction de l'enceinte (1,2).
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1, 2 et 4, appliqué à la régulation de pression dans le circuit d'admission en hydrogène d'une pile à combustible, caractérisé par le fait que le milieu extérieur est constitué par un réservoir d'hydrogène sous pression (6).

5 6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé par le fait que la grandeur de correction est égale à la différence entre la valeur de référence (V_{ref}) et la valeur de mesure (V_{mes}), la valeur de référence (V_{ref}) traduisant la pression voulue exprimée sur la même échelle que la valeur de consigne, et la valeur de mesure (V_{mes}) traduisant la pression mesurée exprimée sur la même échelle que la valeur de consigne.

10 7. Procédé selon la revendication 5, caractérisé par le fait que la grandeur de correction est égale à la différence entre la valeur de consigne (V_{cons}) qui a été précédemment ajustée, et la valeur de mesure (V_{mes}), la valeur de mesure (V_{mes}) traduisant la pression mesurée exprimée sur la même échelle que la valeur de consigne.

15 8. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il comporte une vanne proportionnelle (8) apte à réguler le passage du gaz en réponse à une valeur de consigne (V_{cons}) fournie en entrée, un capteur de pression (15) fournissant une valeur de mesure (V_{mes}) exprimée sur la même échelle que la valeur de consigne (V_{cons}) fournie en entrée à la vanne proportionnelle (8), une interface analogique (12) reliée d'une part à la vanne proportionnelle (8) d'autre part au capteur de pression (15) et un
20 microcontrôleur (11) relié à l'interface analogique (12).

1/2

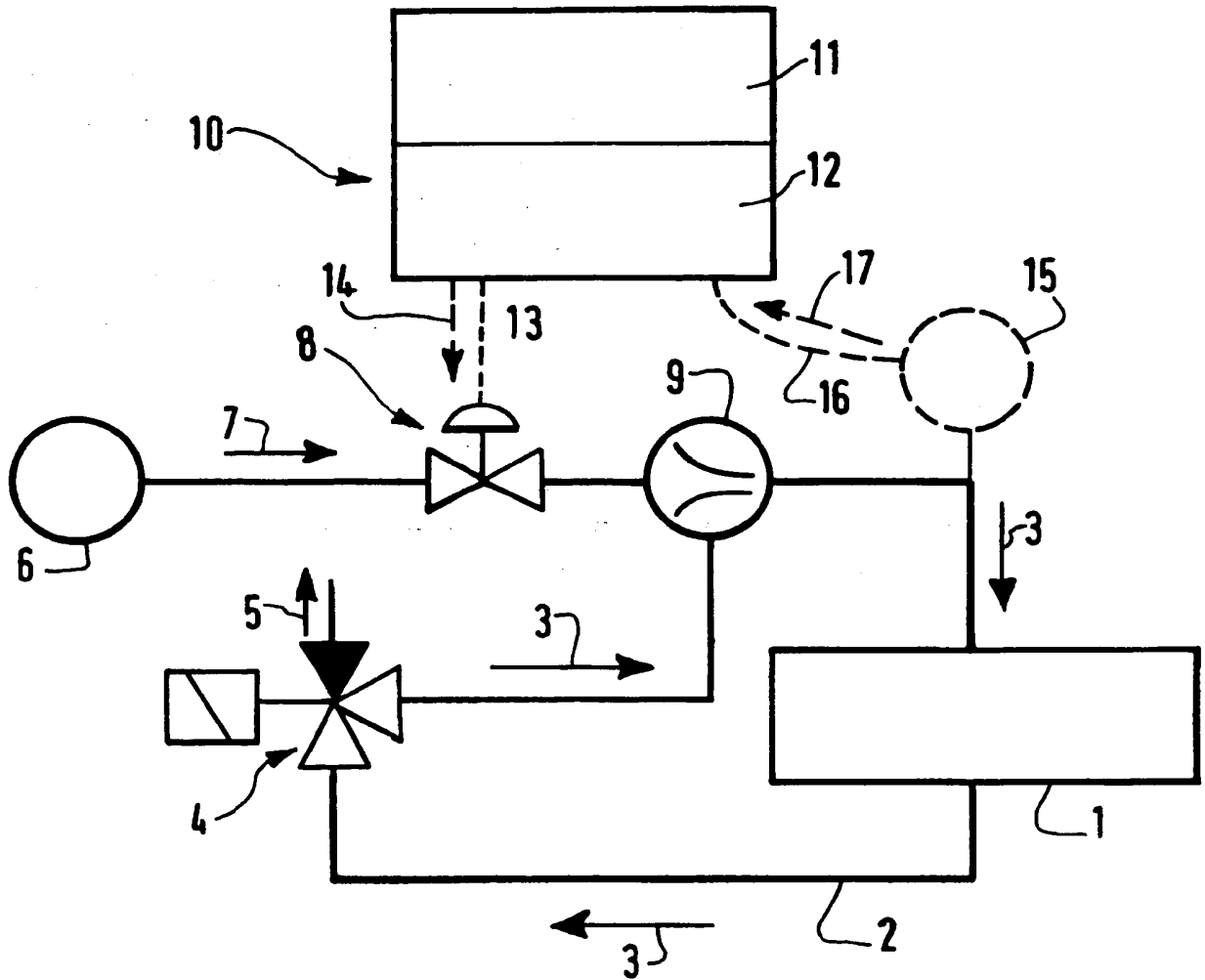


FIG.1

2/2

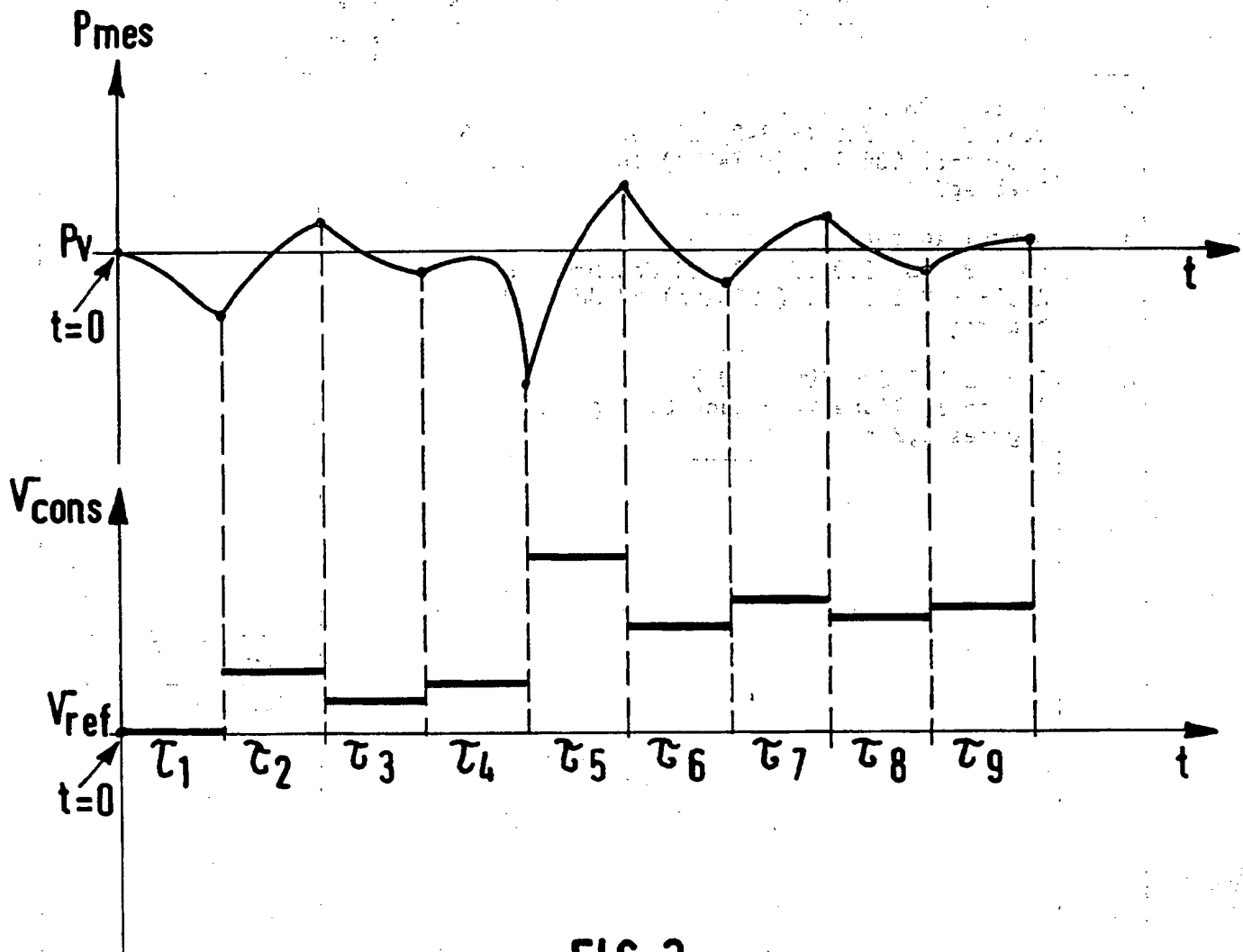


FIG.2

**INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 492010
FR 9313003

1
EPO FORM 1500 01.92 (P04C13)

THIS PAGE BLANK (USPTO)